

Peristaltic pump for medical purposes

Patent Number: DE3726452
Publication date: 1989-02-16
Inventor(s): SCHAEEL WILFRIED DR ING (DE)
Applicant(s): SCHAEEL WILFRIED (DE)
Requested Patent: ☐ DE3726452
Application Number: DE19873726452 19870808
Priority Number(s): DE19873726452 19870808
IPC Classification: A61M1/00; F04C5/00
EC Classification: F04B43/12
Equivalents:

Abstract

The invention relates to a peristaltic pump in the form of a roller pump for medical purposes, e.g. as a blood pump or infusion pump, which is distinguished by displaying reduced or - in a further embodiment - completely abolished pulsation of the conveyed stream. For this purpose, the peristaltic pump has an appropriate design of the contour of the inner stator surface in the transition region between the running surface which is concentric relative to the rotor and the external tube guide. The further embodiments for complete abolition of pulsation refer to an arrangement having two pump segments in a joint pump head whose opposite pulsations compensate each other, and to an arrangement having a drive controlled as a function of the position of the rotor.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 37 26 452 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 37 26 452.4
㉔ Anmeldetag: 8. 8. 87
㉕ Offenlegungstag: 16. 2. 89

㉙ Int. Cl. 4:
A61 M 1/00
F 04 C 5/00
// A61M 1/10, 1/14,
1/34

DE 37 26 452 A 1

㉚ Anmelder:
Schäl, Wilfried, Dr.-Ing., 6380 Bad Homburg, DE

㉛ Erfinder:
gleich Anmelder

㉞ Schlauchpumpe für medizinische Zwecke

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schlauchpumpe in Form einer Rollenpumpe für medizinische Zwecke, z. B. als Blutpumpe oder Infusionspumpe, die sich durch verminderte oder - in weiterer Ausgestaltung - vollständig aufgehobene Pulsation des Förderstromes auszeichnet. Die Schlauchpumpe weist hierzu eine entsprechende Gestaltung der Kontur der Stator-Innenfläche im Übergangsbereich zwischen der zum Rotor konzentrischen Lauffläche und der äußeren Schlauchführung auf.

Die weiteren Ausgestaltungen zur vollständigen Aufhebung der Pulsation beziehen sich auf eine Anordnung mit zwei Pumpsegmenten in einem gemeinsamen Pumpenkopf, deren entgegengesetzte Pulsationen sich gegenseitig kompensieren, und auf eine Anordnung mit einem in Abhängigkeit von der Stellung des Rotors gesteuerten Antrieb.

DE 37 26 452 A 1

1. Schlauchpumpe für medizinische Zwecke mit einem außen mit drehbar gelagerten Rollen besetzten Rotor, einem den Rotor zumindest teilweise umschließenden Stator, dessen innere Kontur auf einem Teil des Umfanges konzentrisch zum Rotor ist, und einem zwischen Rotor und Stator einzulegenden Pumpenschlauch, der von einer äußeren Schlauchführung her in den Zwischenraum zwischen dem Rollen des Rotors und dem konzentrischen Teil des Stators geführt ist, wobei der Abstand zwischen der Außenfläche der Rollen und dem konzentrischen Teil der Innenfläche des Stators der doppelten Schlauchwandstärke entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, daß an der Einlaßseite, an der Auslaßseite oder beiden die Kontur der Innenfläche (5) des Stators (4) in der Übergangszone (5b) zwischen der äußeren Schlauchführung (5c) und dem konzentrischen Teil (5a) der Innenfläche nach innen gekrümmt verläuft und der mittlere Krümmungsradius in der Übergangszone (5b) das 1,05- bis 3-fache des Radius des konzentrischen Teils der Innenfläche beträgt.
2. Schlauchpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontur der Stator-Innenfläche in der Übergangszone eine Kurve mit stetig veränderlichem Krümmungsradius ist.
3. Schlauchpumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Krümmungsradius, beginnend an der Grenze zwischen dem konzentrischen Teil (5a) der Innenfläche und der Übergangszone (5b) und endend an der Grenze zwischen der Übergangszone (5b) und der äußeren Schlauchführung (5c), stetig zunimmt.
4. Schlauchpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontur der Stator-Innenfläche in der Übergangszone (5b) aus Kreisbögen mit unterschiedlichen Radien, einschließlich gerader Abschnitte (Radius ∞), zusammengesetzt ist.
5. Schlauchpumpe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Radius der Kreisbögen, beginnend an der Grenze zwischen dem konzentrischen Teil (5a) der Innenfläche und der Übergangszone (5b) und endend an der Grenze zwischen der Übergangszone (5b) und der äußeren Schlauchführung (5c), stetig zunimmt.
6. Schlauchpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Tangente des konzentrischen Teils (5a) und der Tangente des Kreises, der die Kontur der angrenzenden Hälfte der Übergangszone (5b) nach dem Kriterium der kleinsten Fehlerquadrate bestmöglich annähert, an der Grenze zwischen diesen beiden Bereichen (5a, 5b) eine Winkelabweichung bis zu 5 Grad besteht.
7. Schlauchpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den Rollen und der Innenfläche des Stators, der in der Übergangszone, beginnend an der Grenze zwischen dem konzentrischen Teil (5a) und der Übergangszone (5b) und endend an der Grenze zwischen der Übergangszone (5b) und der äußeren Schlauchführung (5c), von der doppelten Schlauchwandstärke $2 \cdot S$ auf den Außendurchmesser $Da = Di + 2 \cdot S$ des Schlauches zunimmt, in Abhängigkeit vom Drehwinkel ϕ des Rotors in der ersten Hälfte der Übergangszone im wesentlichen

linear auf $2 \cdot S + Di/4$ und in der zweiten Hälfte der Übergangszone im wesentlichen exponentiell auf Da ansteigt.

8. Schlauchpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zu der Übergangszone (5b) gehörige Drehwinkel (ϕ_{11} , Fig. 1) des Rotors, bei dessen Durchlaufen eine zunächst an der Grenze zwischen dem konzentrischen Teil (5a) und der Übergangszone (5b) befindliche Rolle die Grenze zwischen der Übergangszone (5b) und der äußeren Schlauchführung (5c) erreicht, im wesentlichen gleich der Hälfte des Teilungswinkels des Rotors ist (Teilungswinkel = $360 \text{ Grad/Rollenanzahl}$).

9. Schlauchpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwei parallel zueinander zwischen einem gemeinsamen Stator (4) und einem gemeinsamen Rotor (1) angeordnete Pumpenschläuche (31, 32) aufweist.

10. Schlauchpumpe nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (1) zwei Sätze von Rollen (21a, b, c und 22a, b, c) aufweist, von denen einer nur mit dem ersten Schlauch (31) und der zweite nur mit dem zweiten Schlauch (32) in Eingriff kommt, und daß die beiden Sätze von Rollen um die Hälfte des Teilungswinkels gegeneinander versetzt auf dem Rotor angeordnet sind.

11. Schlauchpumpe nach einem der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Rotor (1) oder dessen Antriebsvorrichtung (8) eine Abtastvorrichtung (44, 48, 50) zur Gewinnung einer Information über die jeweilige Stellung zur Gewinnung einer Information über die jeweilige Stellung des Rotors verbunden ist, die über einen Regler (54) die Antriebsgeschwindigkeit des Rotors in Abhängigkeit von dessen Stellung beeinflusst.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schlauchpumpe zu medizinischen Zwecken, insbesondere zum Pumpen von Blut in einem extrakorporalen Blutkreislauf, z. B. bei der Hämodialyse oder Hämofiltration, oder als Bestandteil einer Herz-Lungen-Maschine, darüber hinaus allgemein zur Zu- und Abführung von Flüssigkeiten bei medizinischen Behandlungen.

Schlauchpumpen werden zu den genannten Zwecken in großem Umfang eingesetzt, u. a. weil sie gegenüber anderen Arten von Pumpen den Vorteil haben, daß das gepumpte Medium nur mit der Innenwand eines sterilen Schlauches in Berührung kommt und somit eine Kontamination leicht vermieden werden kann. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß der elastische Schlauch durch bewegliche Rollen gegen eine feststehende Lauffläche gedrückt wird, wobei der Schlauch im Bereich der Auflagefläche einer Rolle verschlossen wird, und daß die so gebildeten Verschußstellen durch die Bewegung der Rollen in der Transportrichtung längs des Schlauches verschoben werden, woraus sich eine entsprechende Bewegung des im Schlauch eingeschlossenen Mediums ergibt.

Bei der gebräuchlichsten Bauart, auf die sich auch die Erfindung bezieht, sind die Rollen auf einem angetriebenen Rotor angeordnet, und die Lauffläche wird von der Innenfläche eines Stators gebildet, der den Rotor zumindest auf einem Teil seines Umfanges konzentrisch umschließt, und zwar soweit, daß zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Rolle mit dem Schlauch im Eingriff ist

und eine Verschlussstelle bildet. Der Schlauch wird an der Einlaß- und Auslaßseite von je einer äußeren Schlauchführung her in den Eingriffsbereich der Rollen und zu der konzentrischen Lauffläche geführt.

Alle Schlauchpumpen dieser üblichen Bauart haben den Nachteil, daß sie pulsierend fördern. Das pro Zeiteinheit geförderte Volumen schwankt in Abhängigkeit von der augenblicklichen Stellung des Rotors in weiten Grenzen. Die Größe der Schwankung ist von den Maßverhältnissen des Schlauches (Innendurchmesser, Wandstärke) und des Pumpenmechanismus (Stator-Innenradius, Rollendurchmesser) abhängig.

Bei Schlauchpumpen üblicher Dimensionierung, z. B. bei Blutpumpen von Hämodialysegeräten, schwankt der Durchfluß zwischen Minimal- und Maximalwert typischerweise im Verhältnis 1 : 5, bei ungünstigen Konstruktionen kann sogar eine vorübergehende Umkehrung der Flußrichtung eintreten. Unter normalen Betriebsverhältnissen, bei Vorhandensein entsprechender Strömungswiderstände im angeschlossenen Kreislauf, wird diese Schwankung durch die Elastizität des Pumpenschlauches und durch im Kreislauf eventuell vorhandene Volumenspeicher, z. B. teilweise mit Luft gefüllte Luftabscheidekammern, zu einem gewissen Grade ausgeglichen, jedoch ist dies mit einer entsprechenden Druckpulsation verbunden.

Die Pulsation des Durchflusses ist bei den meisten Anwendungen in der Medizin unerwünscht. Beim Pumpen von Blut trägt sie durch die von ihr verursachten raschen Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit wesentlich zur Schädigung der korpuskulären Blutbestandteile bei. Besonders nachteilig ist dies bei Strömungen in engen Querschnitten, z. B. in Kathetern oder Kanülen, die die Verbindung zwischen den Blutgefäßen des Patienten und dem extrakorporalen Kreislauf herstellen.

Angesichts der oben erwähnten Nachteile lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Schlauchpumpe für medizinische Zwecke zu schaffen, bei der die Pulsation wesentlich vermindert oder bei entsprechender Ausgestaltung praktisch völlig aufgehoben ist, so daß sie beim Pumpen von Blut nur eine sehr geringe Schädigung von Blutbestandteilen verursacht.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung hauptsächlich dadurch gelöst, daß bei einer Schlauchpumpe der oben genannten Art an der Einlaßseite, an der Auslaßseite oder beiden die innere Kontur des Stators in der Übergangszone zwischen der äußeren Schlauchführung und der konzentrischen Lauffläche im wesentlichen nach innen gekrümmt verläuft, wobei der mittlere Krümmungsradius das 1,05- bis 3-fache des Radius der konzentrischen Lauffläche beträgt.

Weitere Eigenschaften und Vorteile sowie mögliche weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung. Von den zugehörigen Abbildungen zeigt

Fig. 1: eine Frontansicht eines Pumpenkopfes mit zwei Rollen, bei dem die Kontur des Stators an der Einlaßseite in herkömmlicher Weise und an der Auslaßseite entsprechend der Erfindung gestaltet ist,

Fig. 2: eine schematische Darstellung eines Pumpenkopfes mit drei Rollen und verschiedenen Konturen des Stators zum Vergleich,

Fig. 3: ein Diagramm, das das geförderte Volumen in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Rotors für die verschiedenen in Fig. 2 gezeigten Konturen angibt,

Fig. 4: eine andere besonders vorteilhafte Kontur des Stators,

Fig. 5: das zu Fig. 4 gehörige Förderdiagramm, Fig. 6: eine Schnittdarstellung eines Pumpenkopfes als Ausführungsbeispiel,

Fig. 7: eine Draufsicht des Pumpenkopfes von Fig. 6,

Fig. 8: ein Förderdiagramm einer Schlauchpumpe mit den Eigenschaften entsprechend Fig. 4, 6 und 7,

Fig. 9: ein Beispiel einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung in schematischer Darstellung.

Der für die Funktion maßgebende Teil einer Schlauchpumpe, der sogenannte Pumpenkopf, besteht bei einer Rollenpumpe gemäß Fig. 1 im wesentlichen aus dem Rotor 1 mit den Rollen 2a, 2b, der über eine Achse 8 von einem Motor in Drehung versetzt wird, und einem Stator 4. Die Innenfläche 5 des Stators umgibt den Rotor. Der Schlauch 3 wird so eingelegt, daß er in dem zwischen dem Rotor bzw. dessen Rollen und der Innenfläche des Stators befindlichen Zwischenraum an der Innenfläche des Stators anliegt.

Die Kontur der Stator-Innenfläche 5 kann in mehrere Teile oder Abschnitte mit unterschiedlichen Funktionen und Wirkungen unterteilt gedacht werden. Diese Teile oder Abschnitte sind in Fig. 1 mit 5a, 5b und 5c bezeichnet.

Der mittlere Teil 5a der Stator-Innenfläche, der die eigentliche Lauffläche bildet, ist konzentrisch zur Rotorachse, und sein Radius ist so gewählt, daß der Abstand zwischen der Stator-Innenfläche und einer Rolle, die sich in diesem Bereich der Stator-Innenfläche befindet (im gezeigten Beispiel ist dies die Rolle 2a), gleich der doppelten Wandstärke des Schlauches 3 ist. Dadurch wird erreicht, daß der Schlauch an dieser Stelle vollständig verschlossen wird, wobei die Verschlussstelle durch die Drehung des Rotors und die dadurch bedingte Bewegung der Rolle in Transportrichtung verschoben wird. Der Umfangswinkel, auf den sich der konzentrische Teil der Innenfläche erstreckt, muß mindestens dem Teilungswinkel des Rotors gleich sein, damit zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Rolle eine Verschlussstelle bildet. Dementsprechend erstreckt sich dieser Teil 5a bei dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel mit zwei Rollen auf einen Umfangswinkel von 180 Grad.

Die Bereiche 5c der Stator-Innenfläche bilden die äußere Schlauchführung an der Einlaß- und an der Auslaßseite. In diesen Bereichen, in denen der Schlauch 3 nicht mit den Rollen des Rotors in Berührung kommt, befinden sich u. a. Einrichtungen zur Fixierung des Schlauches, z. B. in Form von Klemmstücken 6.

Zwischen der äußeren Schlauchführung jeder Seite, d. h. dem Teil 5c der Stator-Innenfläche, und der konzentrischen Lauffläche 5a befindet sich jeweils die Übergangszone 5b. Dies ist derjenige Bereich, in dem bei der Drehung des Rotors die Rollen auf den Schlauch aufsetzen (Eingangsseite) bzw. vom Schlauch abheben (Ausgangsseite). Die Übergangszone 5b ist insbesondere dadurch charakterisiert, daß in ihr die Rollen des Rotors zwar mit dem Schlauch im Eingriff sind und seinen Querschnitt mehr oder weniger verformen, aber keine Verschlussstelle bilden.

Der zur Übergangszone gehörige Drehwinkel des Rotors ist in Fig. 1 (rechte Seite) mit ϕ_{11} bezeichnet. Wenn dieser Winkel durchlaufen wird, erreicht eine Rolle, die sich anfänglich an der Grenze zwischen dem konzentrischen Teil 5a und der Übergangszone 5b befand, die Grenze zwischen der Übergangszone 5b und der äußeren Schlauchführung 5c, wobei sich der Abstand zwischen der Rolle und der inneren Kontur des Stators von der doppelten Schlauchwandstärke ($2 \cdot S$) auf den Schlauch-Außendurchmesser ($Da = 2 \cdot S + Di$)

vergrößert.

Bei den Schlauchpumpen bisheriger Bauart ist die Kontur der Stator-Innenfläche im Übergangsbereich 5b gewöhnlich eine Gerade (Krümmungsradius ∞), die tangential in den kreisförmigen konzentrischen Teil 5a einmündet, und die äußere Schlauchführung 5c ist eine Fortsetzung dieser Geraden. Diese Verhältnisse sind in der linken Hälfte von Fig. 1 dargestellt.

In der rechten Hälfte von Fig. 1 ist dagegen eine entsprechend der Erfindung gestaltete Kontur der Stator-Innenfläche gezeigt. In der Übergangszone 5b weist die Kontur der Stator-Innenfläche eine Krümmung auf, deren konkave Seite dem Rotor-Mittelpunkt zugewandt ist. Diese Kontur kann eine Kurve mit stetig veränderlichem Krümmungsradius sein, oder sie kann aus mehreren Kreisbögen mit verschiedenen Radien, einschließlich gerader Teilstücke (Radius ∞), zusammengesetzt sein. Um die vorgesehenen Wirkungen im Übergangsbereich 5b größer ist als der Krümmungsradius des konzentrischen Teils 5a, und zwar etwa um den Faktor 1,05 bis 3, vorzugsweise 1,05 bis 1,5. Unter dem mittleren Krümmungsradius wird dabei der Radius eines Kreisbogens verstanden, der die in Betracht gezogene Kontur möglichst weitgehend annähert.

Der Bereich der äußeren Schlauchführung 5c kann beliebig gestaltet sein, die in Fig. 1 angegebene Form ist daher nur als Beispiel anzusehen.

Die zweckmäßige Wahl des mittleren Krümmungsradius der Kontur im Bereich der Übergangszone richtet sich nach den durch die Konstruktionsdaten des Pumpenkopfes (Radien des Rotors und der Rollen, Anzahl der Rollen, Schlauchdurchmesser) bestimmten geometrischen Verhältnisse und nach der gewünschten Fördercharakteristik der Pumpe. Insbesondere wird die Größe des zur Übergangszone gehörigen Rotor-Drehwinkels ϕ_1 von der Wahl des mittleren Krümmungsradius wesentlich mitbestimmt.

Im einfachsten Falle ist die Kontur im Bereich der Übergangszone, wie bei dem in der rechten Hälfte von Fig. 1 gezeigten Beispiel angegeben, Teil einer Kreislinie von entsprechendem Radius. Dies muß jedoch nicht der Fall sein, sondern die Kontur im Bereich der Übergangszone kann sich, wie erwähnt, aus zwei oder mehreren Abschnitten mit unterschiedlichen Krümmungsradien zusammensetzen oder in ihrem Verlauf eine kontinuierliche Veränderung des Krümmungsradius aufweisen. Durch eine solche differenziertere Gestaltung der Kontur kann ein bestimmter gewünschter Verlauf des geförderten Volumens als Funktion des Rotor-Drehwinkels beim Durchlaufen der Übergangszone erreicht werden. Ein entsprechendes Beispiel, bei dem eine vorteilhafte Kontur der Übergangszone durch einen Kreisbogen und ein sich tangential anschließendes Geradenstück angenähert wird, ist weiter unten angegeben (Fig. 4 und 5). Außerdem ist es nicht notwendig, daß die Lauffläche, d. h. die kreisförmige Kontur im Bereich 5a der Stator-Innenfläche, stetig in die Kontur des Übergangsbereiches 5b übergeht. Zur Erlangung eines bestimmten Verlaufes des Fördervolumens in Abhängigkeit vom Rotor-Drehwinkel kann es vielmehr zweckmäßig sein, zwischen der Tangente der kreisförmigen Kontur der Lauffläche 5a und der Tangente der Kontur des Übergangsbereiches 5b an der Grenze der Bereiche 5a und 5b eine Winkelabweichung zuzulassen. Bei dem weiter unten beschriebenen Beispiel (Fig. 4 und Fig. 5) ist dies der Fall.

In Fig. 2 sind verschiedene Gestaltungen der Kontur der Stator-Innenfläche im Bereich der Übergangszone,

teils bisher üblicher Art, teils entsprechend der Erfindung, zum Vergleich gegenübergestellt. Fig. 3 gibt an, wie sich das geförderte Volumen in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Rotors bei diesen verschiedenen Gestaltungen verändert, wenn eine Rolle den Übergangsbereich zwischen der konzentrischen Lauffläche und der äußeren Schlauchführung durchläuft. Fig. 2 und Fig. 3 beziehen sich auf eine Pumpe mit drei Rollen 2a—c. Dementsprechend wurde für den Umfangswinkel, auf den sich der konzentrische Teil der Stator-Innenfläche erstreckt, ein Wert von 120 Grad gewählt. Die Kontur I in Fig. 2 zeigt im Übergangsbereich den üblichen geraden tangentialen Verlauf, die Kontur II einen ebenfalls gebräuchlichen nach außen gekrümmten Verlauf mit dem (negativen) Krümmungsradius Rk' , während die Kontur III entsprechend der Erfindung mit dem Krümmungsradius Rk nach innen gekrümmt verläuft und erst im Bereich der äußeren Schlauchführung in eine Gerade oder eine beliebige andere Kontur übergeht.

Dem experimentellen Vergleich der drei Ausführungsformen lagen folgende Daten zugrunde:

Radius des konzentrischen Teils: $Ra = 5$ cm
Krümmungsradius Kontur II: $Rk' = -2$ cm
Krümmungsradius Kontur III: $Rk = 7$ cm
Radius der Rollen $Rr = 1$ cm
Schlauch-Innendurchmesser $Di = 6,4$ mm
Schlauch-Wandstärke $S = 1,4$ mm
Schlauchmaterial: Weich-PVC

Die in Fig. 3 dargestellten Kurven sind wie folgt ermittelt: Der Rotor wird zunächst in eine solche Stellung gebracht, daß sich eine Rolle an der Grenze zwischen dem konzentrischen Teil und der Übergangszone befindet ($\phi = 0$). Dann wird der Rotor um kleine Winkelbeträge schrittweise in Förderrichtung gedreht und das jeweils zugehörige geförderte Volumen ermittelt. Das Volumen pro Winkелеinheit, bezogen auf den Höchstwert des Volumens pro Winkелеinheit, ausgedrückt in Prozent, ist als Ordinate und der zugehörige Winkel ϕ als Abszisse in das Diagramm eingetragen.

Das Diagramm Fig. 2 zeigt, daß bei der Schlauchpumpe mit der gebräuchlichen geraden tangentialen Schlauchführung (Kurve I) der Durchfluß kurzzeitig auf etwa 20 Prozent des Höchstwertes absinkt. Die bei manchen Konstruktionen angewandte nach außen gekrümmte Schlauchführung (Kurve II) führt sogar zu einer kurzzeitigen Umkehrung der Flußrichtung. Bei der entsprechend der Erfindung gestalteten Schlauchführung (Kurve III) wird dagegen ein wesentlich gleichmäßiger Verlauf des Durchflusses erreicht. Der Durchfluß sinkt vorübergehend nur etwa auf die Hälfte des Höchstwertes ab.

Ursache der Pulsation sind die Vorgänge beim Aufsetzen und Abheben der Rollen. Eine Rolle, die den Schlauch im Bereich der konzentrischen Lauffläche verschließt, verdrängt durch die Verformung des Schlauches ein bestimmtes Volumen. Wenn die Rolle danach in die Übergangszone gelangt und sich vom Schlauch abhebt, nimmt der Schlauch wieder seine ursprüngliche Querschnittsform mit entsprechend vergrößertem Füllvolumen an, so daß ein Teil des Volumens, das von der nachfolgenden Rolle nachgeschoben wird, zum Auffüllen des Schlauches benötigt wird. Dementsprechend vermindert sich das ausgestoßene Volumen um diesen zum Auffüllen des Schlauches erforderlichen Betrag. Wenn sich das Abheben der Rolle vom Schlauch in einem sehr kleinen Winkelbereich vollzieht (Konturen I

und II in Fig. 2), ergibt sich ein entsprechend scharfes und tiefes Absinken der Förderkurve (I und II in Fig. 3). Bei einer Gestaltung der inneren Kontur des Stators entsprechend der Erfindung wird das Aufsetzen und Abheben der Rollen auf einen größeren Winkelbereich ausgedehnt und verlangsamt, und das Absinken der Förderkurve ist entsprechend weniger ausgeprägt.

Bei der Kurve III in Fig. 3 erstreckt sich der Vorgang des Aufsetzens bzw. Abhebens der Rollen auf einen Winkelbereich, bezogen auf die Drehung des Rotors, von annähernd 60 Grad. Durch Wahl eines kleineren Krümmungsradius der Kontur im Übergangsbereich (R_k in Fig. 2) könnte dieser Winkelbereich noch weiter gedehnt werden, z. B. auf 90 Grad. Dann würde die zugehörige Förderkurve noch flacher verlaufen und der Durchfluß beim Durchlaufen der Übergangszone entsprechend weniger absinken.

Die in Fig. 3 gezeigten Kurven gelten sowohl für den Durchfluß in der Auslaßleitung als auch für den Durchfluß in der Einlaßleitung der Schlauchpumpe. Die Minima treten jedoch wegen der unterschiedlichen Zeitpunkte des Aufsetzens und Abhebens der Rollen um einen entsprechenden Winkelbetrag und somit auch zeitlich versetzt auf.

Durch eine abgewandelte Gestaltung der Kontur im Übergangsbereich kann auch die Form der Förderkurve abgewandelt werden. Mit dem Ziel, einen möglichst flachen Verlauf zu erhalten, der sich auf einen Drehwinkel, bezogen auf die Drehung des Rotors, von etwa 60 Grad erstreckt, wurde die in Fig. 4 gezeigte Kontur entwickelt. Die zugehörige Förderkurve ist in Fig. 5 angegeben.

Die Kontur im Übergangsbereich $5b$ ist aus zwei Teilbereichen $5b'$ und $5b''$ zusammengesetzt. Im dem an die Lauffläche $5a$ angrenzenden Bereich $5b'$ ist die Kontur ein sich über einen Winkel von etwa 45 Grad erstreckender Kreisbogen mit dem Radius R_k , in dem anschließenden, in die äußere Schlauchführung $5c$ übergehenden Bereich $5b''$ ist sie eine an den Kreisbogen R_k anschließende Tangente.

Der Kreisbogen R_k im ersten Teil $5b'$ des Übergangsbereiches schließt sich nicht stetig an den Kreisbogen R_a der Lauffläche an, sondern die Tangenten beider Kreisbögen weichen im Berührungspunkt ($\phi=0$) um einen Winkel von etwa 2 Grad voneinander ab, und zwar in dem Sinne, daß der Kreisbogen R_k und seine Tangente im Berührungspunkt gegenüber der Tangente des Kreisbogens R_a nach außen, vom Rotor-Mittelpunkt weg, abgelenkt sind. Der Mittelpunkt des Kreisbogens R_k liegt dementsprechend nicht auf der Normalen des Kreisbogens R_a im Berührungspunkt ($\phi=0$), sondern ist gegenüber dieser um einen Betrag f nach außen, in Richtung auf die äußeren Schlauchführungen und von der Lauffläche weg, versetzt. Durch diese Maßnahme wird hauptsächlich der Anfangsbereich der Förderkurve, im Bereich kleiner Werte des Winkels ϕ , beeinflusst, nämlich so, daß sich ein steilerer Abfall der Förderkurve in diesem Bereich ergibt.

Der Übergang des Kreisbogens R_k in eine Tangente im Bereich $5''$ bewirkt, daß die Förderkurve (Fig. 5), nachdem der Rotor einen Winkel von etwa 45 Grad durchlaufen hat, ihren im wesentlichen flachen Verlauf auch darüber hinaus beibehält und dann bei einem Winkel von etwa 60 Grad relativ steil auf den Maximalwert (100%) ansteigt.

Die Förderkurve verläuft bei fortgesetzter Drehung des Rotors periodisch. An den in Fig. 5 gezeigten Verlauf schließt sich zunächst zwischen etwa 60 und

120 Grad ein dem Maximalwert entsprechendes Plateau an. Danach beginnt wieder der in dem Diagramm angegebene Verlauf, weil die nächste Rolle die Grenze zwischen der konzentrischen Lauffläche $5a$ und der Übergangszone 5 bzw. $5'$ erreicht hat.

Durch geeignete Gestaltung der Kontur der Stator-Innenfläche im Bereich der Übergangszone entsprechend der Erfindung kann der Winkelbereich, bezogen auf den Drehwinkel des Rotors, auf den sich das Abheben und/oder Aufsetzen der Rollen erstreckt, so bemessen werden, daß er gleich der Hälfte des Teilungswinkels des Rotors ist. Die in Fig. 4 gezeigte Anordnung ist ein Beispiel hierfür. Die Differenz zwischen Minimal- und Maximalwert der Förderkurve wird dann am geringsten.

Darüber hinaus ergibt sich unter dieser Voraussetzung die Möglichkeit, eine Schlauchpumpe nach dem Prinzip der Rollenpumpe so auszubilden, daß die Pulsation noch weiter vermindert oder sogar vollständig beseitigt wird. Ein Ausführungsbeispiel des Pumpenkopfes einer solchen Schlauchpumpe ist schematisch in Fig. 6 und Fig. 7 dargestellt.

Fig. 6 ist eine Schnittdarstellung des Pumpenkopfes, Fig. 7 zeigt eine Draufsicht auf den Pumpenkopf. Dem Prinzip nach handelt es sich um eine Zusammensetzung von zwei Pumpenköpfen mit einem gemeinsamen Stator 4 und einem gemeinsamen Rotor 1. Zwischen Rotor und Stator sind zwei Pumpenschläuche 31 und 32 übereinander eingelegt. Die einlaßseitigen Enden und die auslaßseitigen Enden der Schläuche sind jeweils über ein Verbindungsstück 33 an eine gemeinsame Einlaß- bzw. Auslaßleitung 3 angeschlossen, so daß sich die Förderströme der beiden Pumpenschläuche addieren. Der Rotor weist zwei Sätze von Rollen 21a, b, c und 22a, b, c auf, die so gestaltet und angeordnet sind, daß die Rollen 21a, 21b, 21c nur mit dem Schlauch 31 und die Rollen 22a, 22b, 22c nur mit dem Schlauch 32 in Eingriff kommen. Vorzugsweise wird dies dadurch erreicht, daß die Rollen einen inaktiven Teil in Form einer umlaufenden Rinne 24 aufweisen, deren Tiefe dem Außendurchmesser der Schläuche angepaßt ist, so daß der Schlauch zwar geführt, aber der Schlauchquerschnitt in diesem Bereich nicht verformt wird.

Die drei Rollen jedes der beiden Sätze sind untereinander gleichmäßig auf den Umfang des Rotors verteilt. Dies entspricht bei drei Rollen einem Teilungswinkel von 120 Grad. Außerdem sind die beiden Sätze von Rollen um die Hälfte dieses Teilungswinkels gegeneinander versetzt.

Für den Fall, daß die Kontur der Stator-Innenfläche dem in Fig. 4 angegebenen Beispiel entspricht, zeigt das Diagramm in Fig. 8 die relative Fördergeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Drehwinkel für die beiden Pumpenschläuche (Kurven I und II) und für die Gesamtanordnung (Summenkurve I+II). Die Förderkurven für die einzelnen Pumpenschläuche entsprechen dabei dem Diagramm von Fig. 5, sie sind jedoch wegen der um 60 Grad gegeneinander versetzten Anordnung der beiden Sätze von Rollen ebenfalls um 60 Grad gegeneinander verschoben, so daß unter den genannten Voraussetzungen die Abschnitte maximaler Fördergeschwindigkeit der einen Kurve mit den Abschnitten minimaler Fördergeschwindigkeit der anderen Kurve zusammenfallen. Durch die Addition der beiden Förderströme gleichen sich Minima und Maxima aus, und es wird eine praktisch pulsationsfreie Förderung erreicht.

Eine Anordnung dieser Art ist z. B. als Blutpumpe für den extrakorporalen Blutkreislauf einer Herz-Lungen-

Maschine geeignet. Die Tatsache, daß hierbei zwei Pumpenschläuche notwendig sind, stellt besonders in diesem Falle keinen erheblichen Nachteil dar, denn bei dieser Anwendung ist es weitgehend üblich, auch bei Rollenspumpen bisheriger Bauart zwei parallel angeschlossene, in einen gemeinsamen Pumpenkopf eingelegte Pumpenschläuche zu verwenden, um mit einer akzeptablen Größe des Pumpenkopfes und einer akzeptablen Antriebsdrehzahl die erforderliche hohe Förderleistung zu erreichen.

Das dem Ausführungsbeispiel von Fig. 6—8 zugrundeliegende Prinzip kann auch auf eine Pumpe mit mehr als zwei Pumpenschläuchen ausgedehnt werden. Zum Beispiel wird bei einer Pumpe mit drei Schläuchen die Kontur der Übergangszone so gewählt, daß sich das Aufsetzen bzw. der Rollen auf einen Drehwinkel des Rotors verteilt, der ein Drittel des Teilungswinkels des Rotors beträgt, und die dann erforderlichen drei Sätze von Rollen, von denen jeweils einer einem der Schläuche zugeordnet ist, werden um ein Drittel des Teilungswinkels auf dem Rotor versetzt angeordnet.

Fig. 9 zeigt schematisch ein anderes Beispiel einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung. Die Anordnung besteht aus einem Pumpenkopf 40 der zuvor beschriebenen Art mit einer gemäß der Erfindung gestalteten Kontur der Stator-Innenfläche, vorzugsweise entsprechend dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel mit der in Fig. 5 gezeigten Förderkurve. Der Rotor 1 wird über die Achse 8 von dem Motor 42 angetrieben. Mit dem Rotorantrieb ist eine Abtastvorrichtung zur Gewinnung einer Information über die aktuelle Stellung des Rotors verbunden. Sie ist in Fig. 9 rein schematisch durch eine mit der Antriebsachse verbundene, mit entsprechenden Markierungen 46 versehene Scheibe 44 und einen die Markierungen abtastenden Fühler 48 dargestellt, der ein Schaltorgan 50 betätigt. Die mittels der Abtastvorrichtung 44, 48, 50 gewonnene Information über die aktuelle Stellung des Rotors dient zur Steuerung einer Einrichtung zur Beeinflussung der Antriebsgeschwindigkeit. Hierzu ist gemäß dem Schema von Fig. 9 das Schaltorgan 50 über die Leitung 52 mit dem Regler 54 verbunden, der die Zufuhr elektrischer Leitung zum Motor 42 regelt. Die Tätigkeit des Reglers 54 wird außerdem von dem Sollwerteinsteller 56 beeinflusst, der mit ihm über die Leitung 58 in Verbindung steht.

Die Funktion der gezeigten Anordnung besteht darin, in Abhängigkeit von der aktuellen Stellung des Rotors die Antriebsgeschwindigkeit entgegengesetzt zu den Schwankungen der Förderkurve (Fig. 5) zu erhöhen oder zu vermindern. Jedesmal wenn eine Rolle des Rotors in den Übergangsbereich der Kontur der Stator-Innenfläche eintritt, wird die Antriebsgeschwindigkeit aufgrund der von der Abtastvorrichtung gelieferten Information gegenüber dem mit dem Sollwerteinsteller 56 vorgegebenen Wert erhöht und bei Verlassen des Übergangsbereiches wieder vermindert. Bei entsprechender Anpassung der Variation der Fördergeschwindigkeit an die Schwankungen der Förderkurve wird somit erreicht, daß das pro Zeiteinheit geförderte Volumen konstant wird, d. h. die Pulsation verschwindet.

Eine Kontur der Stator-Innenfläche, die eine annähernd mäanderförmige, d. h. zwischen zwei Niveaus wechselnde Förderkurve liefert, ist für die Anwendung bei einer Anordnung gemäß Fig. 9 besonders geeignet, weil dann lediglich eine Umschaltung der Antriebsgeschwindigkeit zwischen zwei Werten notwendig ist. Dadurch ist der technische Aufwand für die Beseitigung der Pulsation relativ gering. Außerdem ist die Differenz

der Minima und Maxima der Förderkurve und die zu ihrem Ausgleich notwendige Variation der Antriebsgeschwindigkeit dann am geringsten. Trotzdem ist das beschriebene Prinzip des Schwankungsausgleichs auch bei weniger günstigem Verlauf der Förderkurve anwendbar, jedoch muß dann anstelle der einfachen Umschaltung eine Abtastvorrichtung mit größerer Auflösung und eine dem Verlauf der Förderkurve angepaßte mehrstufige oder kontinuierliche Variation der Antriebsgeschwindigkeit vorgesehen werden.

Die Pulsation kann mit der in Fig. 9 gezeigten Anordnung entweder für den Förderstrom auf der Einlaßseite oder für den Förderstrom auf der Auslaßseite der Schlauchpumpe beseitigt werden.

Auf der jeweils anderen Seite verdoppelt sich die Pulsationsamplitude. Für viele medizinische Anwendungen stellt dies keinen Nachteil dar. Bei einer Infusionspumpe ist es z. B. wichtig, dem Patienten die Infusionsflüssigkeit möglichst gleichmäßig zuzuführen, während die damit verbundene ungleichmäßige Entnahme aus dem Vorratsbehälter keine nachteilige Wirkung hat.

3726452

000000

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

37 26 452
A 61 M 1/00
8. August 1987
16. Februar 1989

13

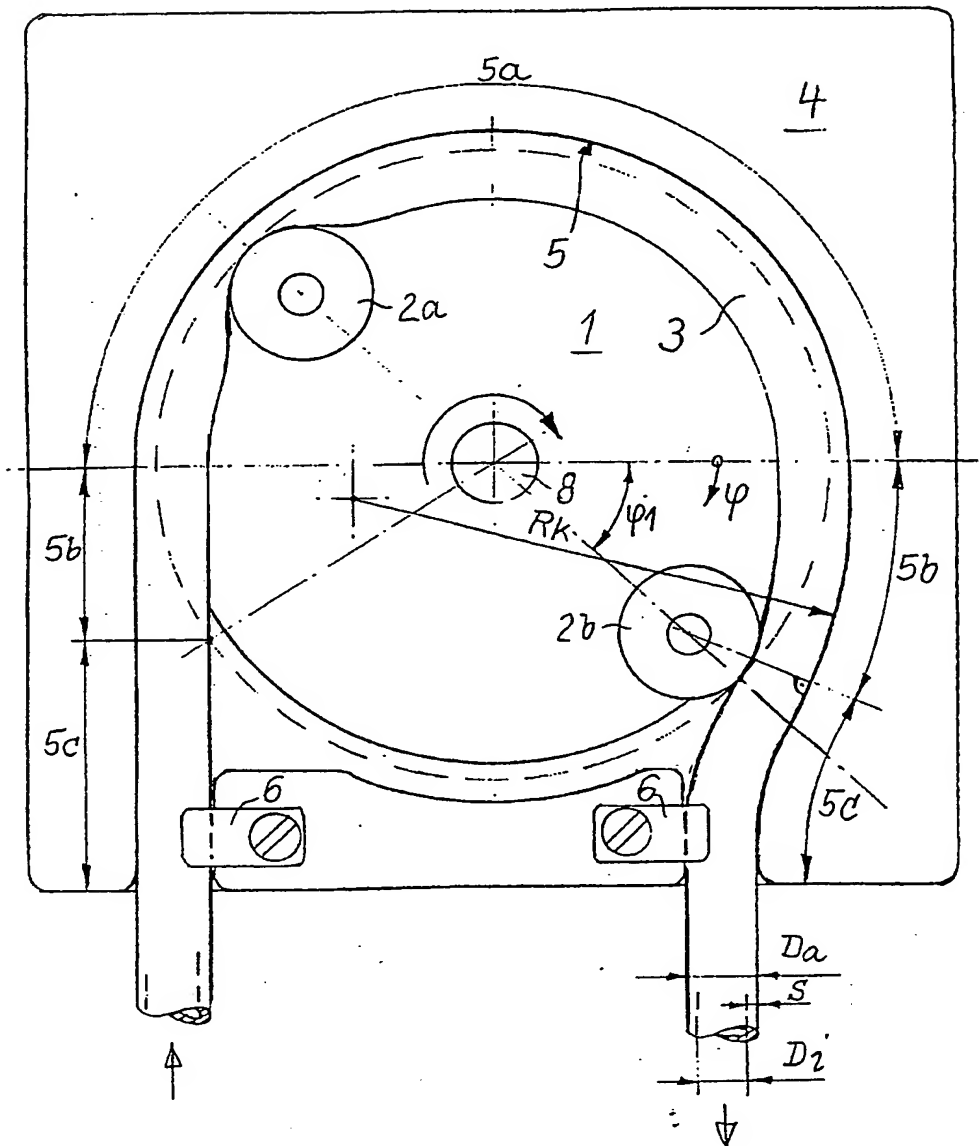
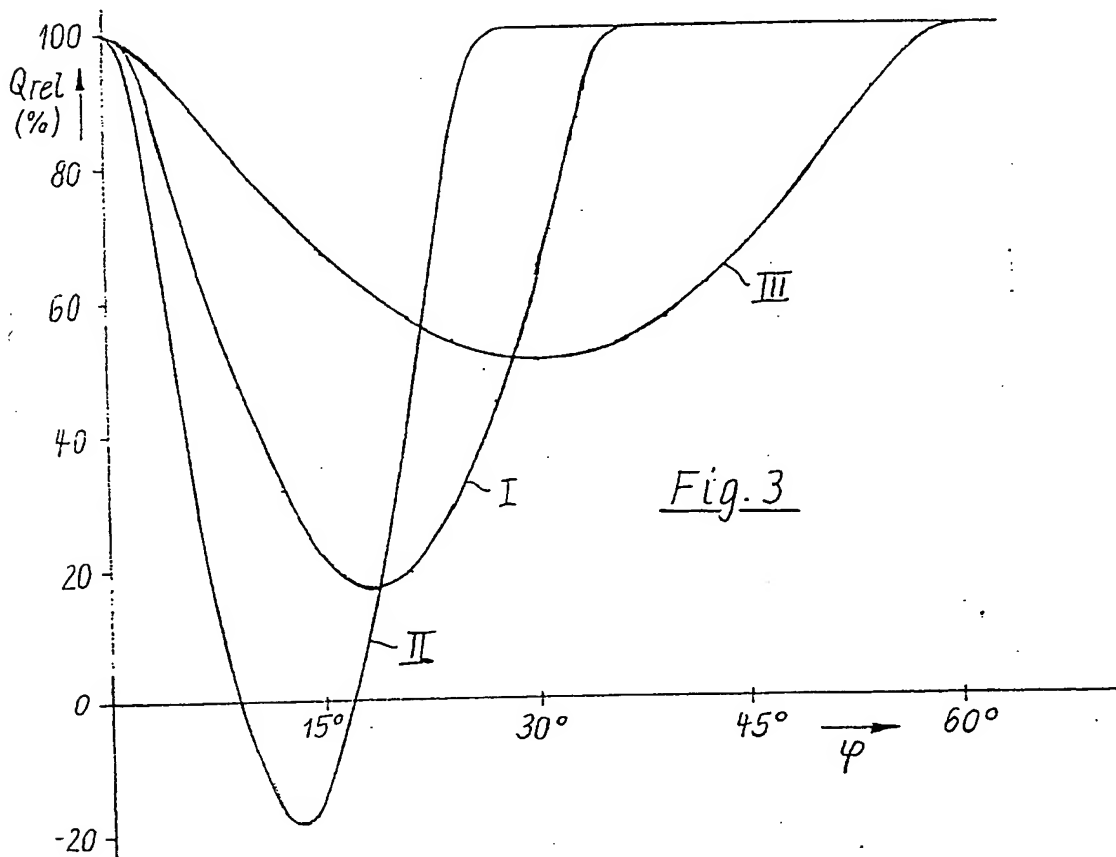
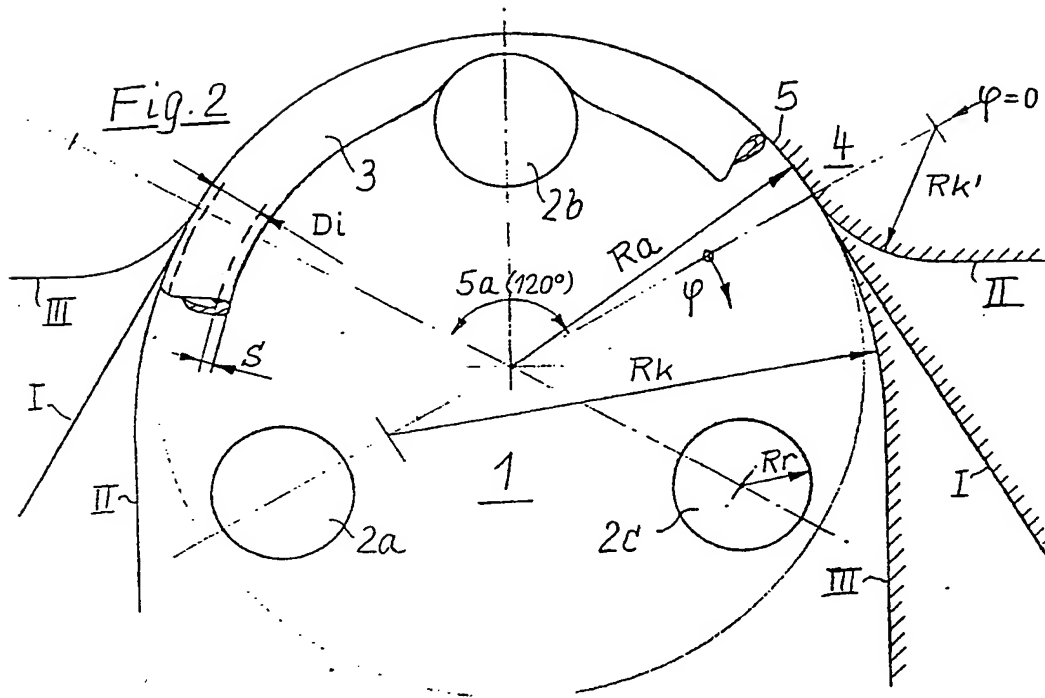


Fig. 1

ORIGINAL INSPECTED

808 867/396



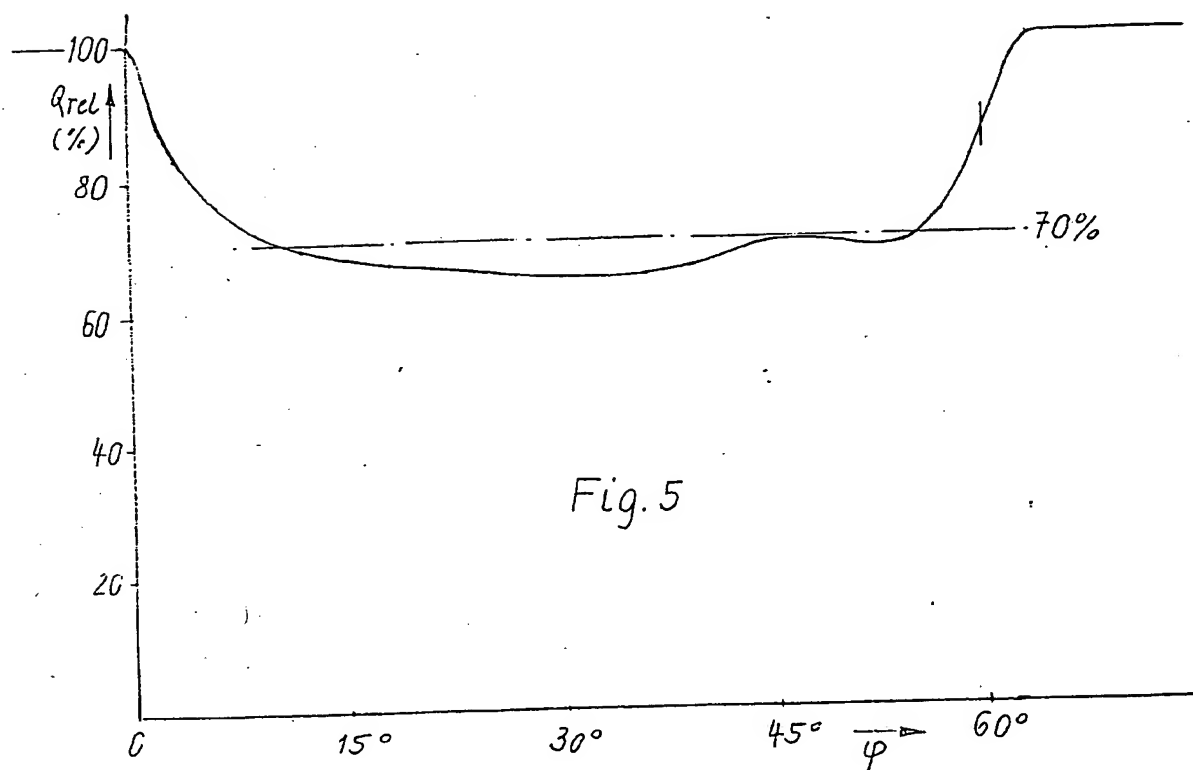
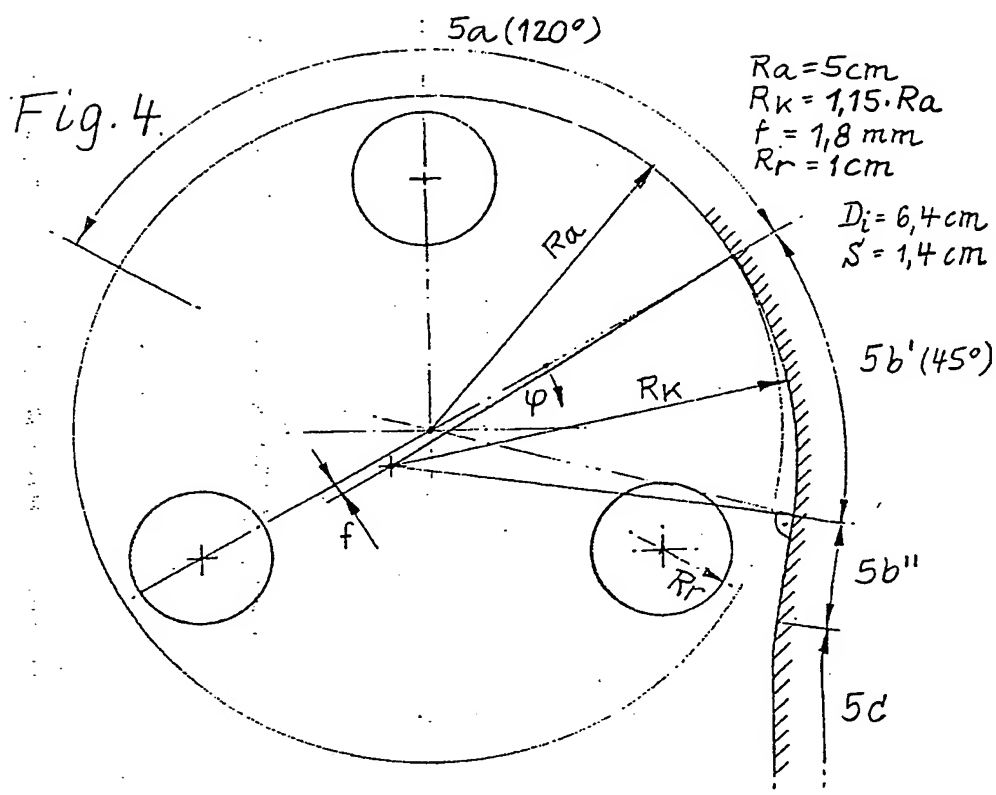


Fig. 6

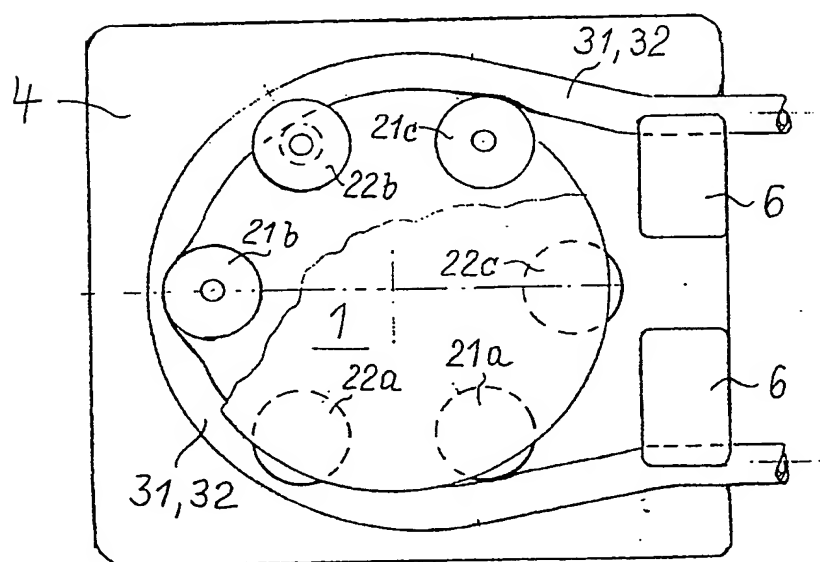
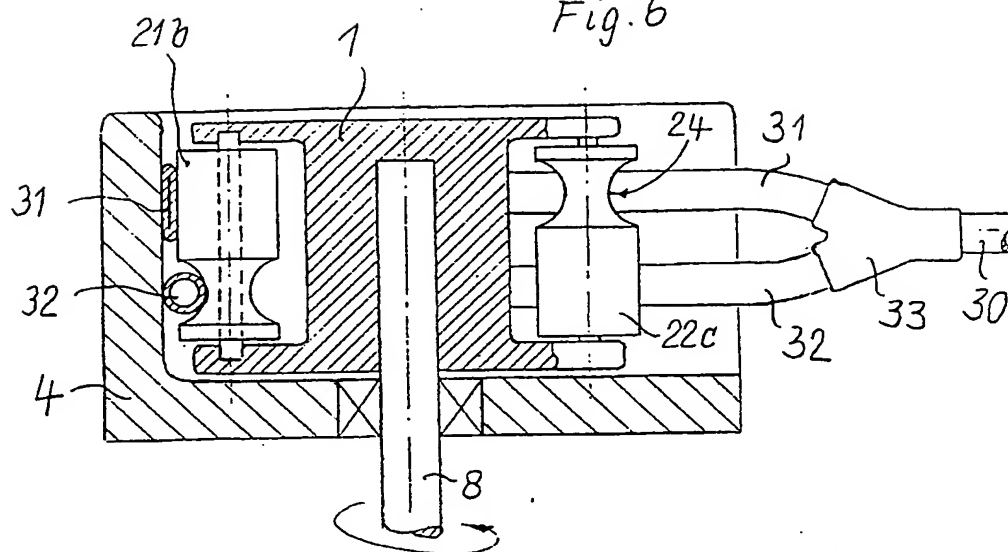


Fig. 7

3726452

17

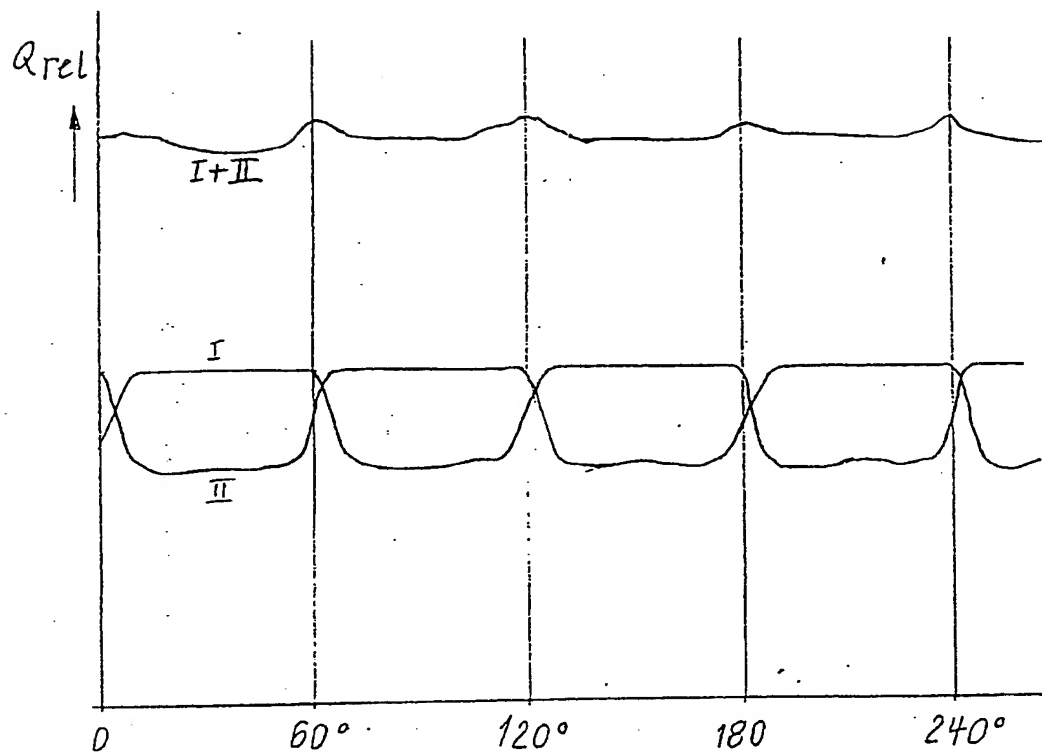
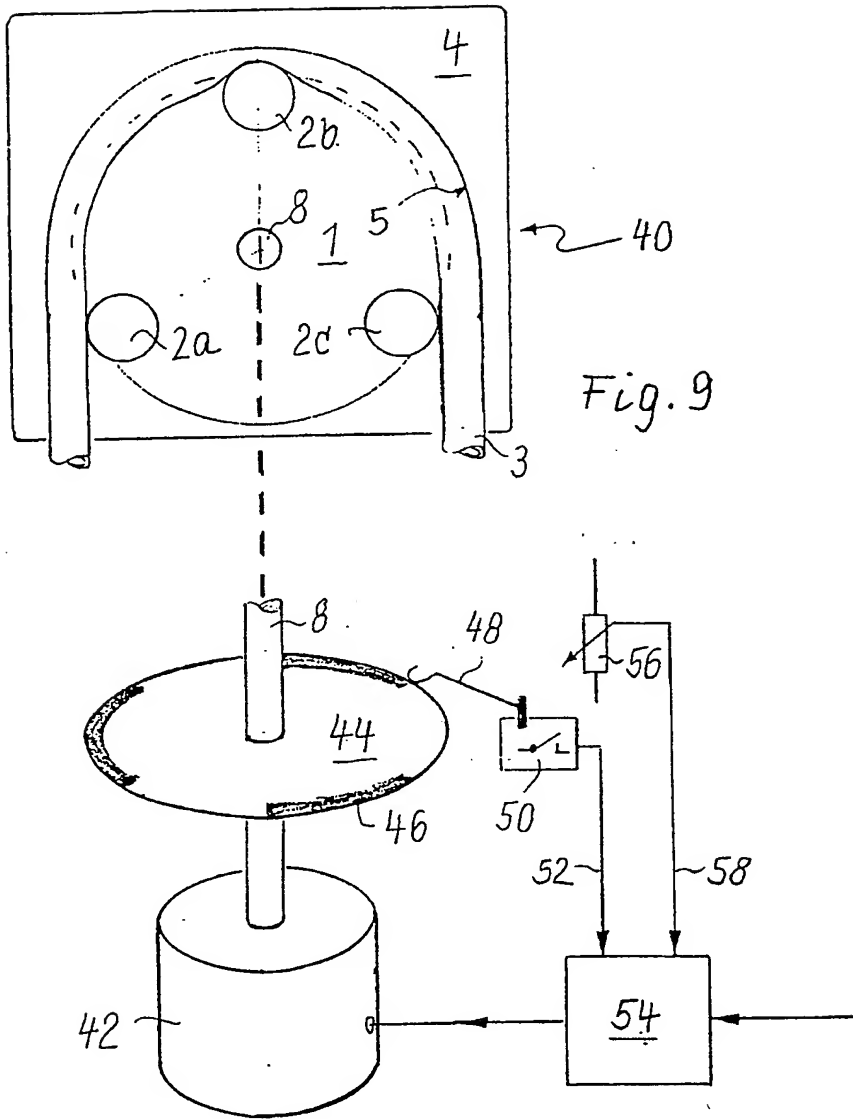


Fig. 8

ORIGINAL INSPECTED

3726452



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.